Die Sinushaare der Großen Hufeisennase
Rhinolophus ferrumequinum (Schreber, 1774)

Von Hans Schneider

Eingang des Ms. 20. 5. 1963

Sinushaare sind bekanntlich große und starke, an der Basis mit einem cavernösen Körper versehene Haare, die ihren Sitz vornehmlich auf dem Kopf haben. Sie treten bei allen Säugetieren auf, doch unterliegt der Grad ihrer Ausbildung starken Schwankungen (Gegenbaur 1851; Henneberg 1915; Müller 1919). Gut bekannt ist der Bau der Sinushaare vom Rind, die Tretjakoff (1904) untersucht hat. Die dort verwirklichten Verhältnisse variieren aber bei anderen Tieren in mancher Hinsicht (Eggermann 1919).

Sinushaare treten auch bei den Fledermäusen regelmäßig auf. Angaben über den Bau liegen für die der Kleinen Hufeisennase *(Rh. hipposideros)* vor (Redtel 1873). Das genaue Studium der Sinushaare bei Fledermäusen erscheint erfolgversprechend, da die Funktion bei diesen fliegenden Tieren über die übliche Aufgabe als Tastwerkzeuge hinaus besonders geartet sein kann. Dieser Gedanke liegt um so näher, als erste orientierende Untersuchungen an verschiedenen Fledermausarten Beziehungen zwischen den Sinushaaren und den bei vielen Fledermäusen verbreiteten häutigen Nasenaufsätzen erkennen ließen, deren Bedeutung in den meisten Fällen noch nicht befriedigend erklärt werden kann. Bei der Großen Hufeisennase (Abb. 1) sind die Sinushaare besonders übersichtlich und regelmäßig angeordnet und deshalb für morphologische und experimentelle Untersuchungen gut zugänglich. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dem anatomischen Bau und der Innervation der Sinushaare und bildet die Grundlage für spätere experimentelle Eingriffe, die Aufschluß über die Funktion der Haare und ihre Arbeitsweise bringen sollen.



Abb. 1. Frontalansicht einer Großen Hufeisennase. Auf der linken Seite des Nasenaufsatzes sind deutlich die Höcker dreier Sinushaarbälge zu sehen

Die Verteilung der Sinushaare

Die Sinushaare gliedern sich – insbesondere auf dem Kopf – in Gruppen, die meist deutlich voneinander abgesetzt sind. Maurer (1895) unterscheidet treffend zwischen

den Pili supraorbitales und P. infraorbitales am Ober- bzw. Unterlid, den Sinushaargruppen auf der Wange (P. zygomatici), hinter dem Mundwinkel (P. angulares), auf Ober- und Unterlippe (P. lab. maxx. und P. lab. mandd.) und schließlich im Kehlgang (P. submentales). Bei der Großen Hufeisennase ist diese ursprüngliche Gliederung nur noch in den Grundzügen erkennbar. Die Abweichungen sind in der Ausbildung des mächtigen Nasenaufsatzes begründet, der einen Großteil des Kopfes bedeckt und selbst Sinushaare trägt (Abb. 2).

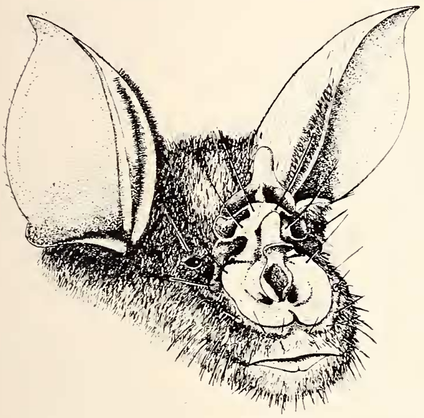


Abb. 2. Kopf einer Großen Hufeisennase mit den Sinushaaren

Der für das Genus *Rhinolophus* typische Nasenaufsatz zeigt bei allen Arten, abgesehen von der Größe, recht übereinstimmende Merkmale. Mitteilungen über die Struktur des Aufsatzes der Kleinen Hufeisennase stammen von REDTEL (1873), die die charakteristischen Eigenheiten jedoch nicht vollständig treffen. Neuerdings zeigte MÖHRES (1953) durch seine experimentellen Untersuchungen, daß das „Hufeisen" — der vordere muldenförmige Abschnitt, in dem sich die beiden Nasenöffnungen befinden — Hilfsfunktionen bei der Orientierung erfüllt. Dieser Teil wirkt als Schalltrichter und beeinflußt die Reichweite und die Genauigkeit des Ultraschallbündels, da seine Wölbung durch die Tätigkeit einer differenzierten Muskulatur verändert werden kann.

Während somit dem Hufeisen des Nasenaufsatzes eine eindeutige Aufgabe zukommt, ist die Rolle des sich nach hinten anschließenden, Lanzette genannten Abschnittes, bislang unklar. Die Lanzette ist durch eine Querfalte vom Hufeisen abgesetzt und beinahe rechtwinkelig dazu angeordnet, so daß sie sich auffällig aus dem Haarkleid hervorhebt. Der basale Teil ist breit, das obere Ende besteht aus einem rundlichen Sporn. Der Mittelabschnitt ist durch Gliederung der Hautteile in kennzeichnender Weise unterteilt und weist rechts und links je drei tief eingesenkte und nach vorn geöffnete Zellen auf. Die basalen Zellen sind nicht vollständig abgegrenzt, da ihre Außenränder sich nicht mit dem Nasenaufsatz verbinden, sondern sich seitlich in kräftige Hautwülste fortsetzen. Diese Außenränder haben ihren Ursprung im Mittelabschnitt des nächsthöheren Zellenpaares.

Die mittleren Zellen sind besonders tief. Gegen die Mitte der Lanzette engt die kräftige zentrale Hautbrücke die Öffnungen der Zellen ein, während sie außen breit muldenförmig sind. Über diesem Zellenpaar ist das Lanzettenblatt in ganzer Breite nach hinten ausgebuchtet, so daß eine quer verlaufende Rinne entsteht. Eine senkrechte Hautfalte unterteilt sie in eine rechte und linke Zelle.

Die mit dem Nasenaufsatz in Verbindung stehenden Sinushaare sind streng an bestimmten Stellen auf dem Aufsatz selbst oder in seiner nächsten Nähe angeordnet. Sie gliedern sich in folgender Weise (Abb. 2). Je ein Sinushaar befindet sich links und rechts am Hinterende des Hufeisens unmittelbar vor der Querfalte, die Hufeisen und Lanzette trennt. Diese Haare stehen somit vor den basalen Zellen der Lanzette. Sie sind leicht nach außen geneigt, da ihre kräftigen Bälge schräg in der wenig dicken Hautfalte des Hufeisens eingelagert sind.

Vier weitere Sinushaare stehen in zwei Paaren auf der Lanzette. Es sind die kräftigsten Sinushaare, die bei der Gr. Hufeisennase vorkommen. Die beiden Haare des tiefer gelegenen Paares entspringen aus der zentralen Hautbrücke unmittelbar vor den

mittleren Zellen. Am medialen Rand dieser Zellen haben die am weitesten dorsal gelegenen Sinushaare ihren Platz, die dicht nebeneinander und vor den obersten Zellen stehen.

Ein weiteres Paar von Sinushaaren hat ebenfalls enge Beziehungen zum Nasenaufsatz. Sie entspringen am Ende der Hautwülste, die an die basalen Zellen anschließen und am Hufeisen ein kurzes Stück nach vorne ziehen. Das Ende dieser Wülste ist infolge der großen Haarbälge knopfartig verdickt. Diese beiden Sinushaare bilden den Ausgangspunkt einer Sinushaarreihe, die auf einem leicht vorspringenden Hautwulst stehen und in ihrer Gesamtheit das Hufeisen umstellen. Die Haare und ihre Bälge werden nach vorne immer kleiner, so daß die am Vorderrand des Hufeisens gelegenen kaum über die dort ohnehin kurzen Körperhaare emporragen. Jede Reihe baut sich aus 5 bis 7 Sinushaaren auf.

Alle bisher genannten Sinushaare lassen sich nicht in eine der von Maurer eingeführten Gruppe einreihen, die übrigen können dagegen auf Grund ihres Standortes gut auf die bei anderen Säugetieren gegebenen Verhältnisse zurückgeführt werden. Kennzeichnend ist für diese Tierart, daß einige Gruppen fehlen, die übrigen durch relativ wenige, aber gut ausgebildete Haare vertreten sind.

Die P. supraorbitales auf dem Oberlid sind bis auf ein einzelnes Sinushaar reduziert, das in der Regel die Größe der auf dem Aufsatz befindlichen Haare erreicht und einen sehr großen Balg besitzt. Redtel erwähnt bei der Kleinen Hufeisennase an dieser Stelle kein Sinushaar. Nachprüfungen an Tieren dieser Art zeigen jedoch, daß auch dort regelmäßig ein kräftiges Haar vorkommt. Zahlreicher, aber weniger kräftig, sind die Sinushaare auf der Oberlippe. Die stärksten befinden sich im rückwärtigen Abschnitt in der Nähe der Mundwinkel. Hier bilden sie zwei übereinander angeordnete Reihen, die den Nervenästen des N. trigeminus folgen. Die untere Reihe zeigt nur im Bereich der Mundwinkel gut ausgebildete Haare, dagegen setzt sich die obere bis zur Schnauzenspitze fort. Sowohl die Haare als auch die Bälge werden nach vorne kleiner.

Die P. lab. mandd. sind sehr unregelmäßig verteilt und variieren stark in der Größe, so daß eine Unterscheidung zwischen den Sinus- und den Körperhaaren schwer ist. Redtel (1873) zählte bei der Kleinen Hufeisennase in diesem Abschnitt etwa 70 Haare. Bei der Gr. Hufeisennase unterscheiden sich die Verhältnisse davon merklich, es sei denn, daß Redtel die Situation bei *Rh. hipposideros* sehr zu Gunsten der Sinushaare ausgelegt hat.

Die Sinushaargruppen hinter den Mundwinkeln, auf den Wangen und den Unterlidern sind gänzlich rückgebildet.

Die Innervation der Sinushaare

Die Sinushaare am Kopf werden vom N. trigeminus innerviert, in der Mehrzahl vom N. infraorbitalis, der die Fortsetzung des Ramus II bildet. Sein Verlauf ist aus Abb. 3 zu ersehen. Er tritt durch das Foramen infraorbitale auf die Außenseite des Oberkiefers, spaltet sich in fünf Äste auf, die zu den Endstellen ziehen. Alle sind erstaunlich kräftig, nicht zuletzt deshalb, weil jedes Sinushaar von vielen Nervenfasern innerviert wird, außerdem enden mehrere Zweige in Muskeln, die Teile des Nasenaufsatzes, der selbst reichliche Nervenversorgung besitzt, bewegen.

Der oberste Ast wendet sich nach dem Austritt aus dem Foramen dorsalwärts zum Nasenaufsatz. Sein erster Seitenzweig versorgt die Haut des Aufsatzes, der nächste ausschließlich das seitlich vom Aufsatz gelegene Sinushaar, der sich anschließende Zweig endet wieder gänzlich in Hautbezirken, während der nächstobere das am Hinterabschnitt des Hufeisens gelegene Sinushaar innerviert. Der kräftige Restanteil dieses Ramus zieht auf der Rückseite der Lanzette dorsalwärts und tritt mit der Mehr-

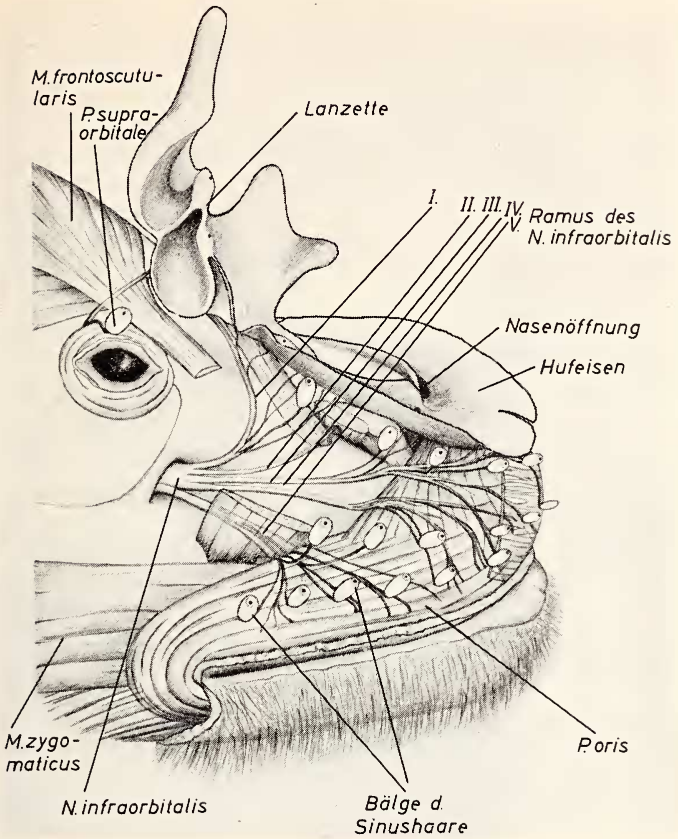


Abb. 3. Der Verlauf des N. infraorbitalis und die Nervenversorgung der Sinushaare

zahl seiner Fasern in das basale Sinushaar der Lanzette ein. Ein sich nach oben fortsetzender Ast vereinigt sich mit einem dort ziehenden Nerven, der gleichfalls dem N. trigeminus angehört, und zwar dem N. ophthalmicus. Dieser Ramus erscheint oberhalb des Musculus orbicularis oculi und verläuft auf der Oberseite des M. frontoscutularis (Schneider u. Möhres 1960) zur Lanzette und innerviert dort das oberste Sinushaar. Unmittelbar am M. orbicularis oculi spaltet sich ein Seitenzweig ab, der in dem über dem Auge gelegenen Sinushaarbalg endet.

Der zweite Ramus des N. infraorbitalis versorgt Muskeln, die das Hufeisen des Nasenaufsatzes bewegen.

Der dritte Ramus verläuft zunächst ein größeres Stück ungeteilt in Richtung zur Schnauzenspitze, spaltet sich dort in viele Äste auf, die die Haut, ferner die das Hufeisen umstellenden Sinushaare und außerdem die vordersten der P. lab. maxx. innervieren.

Ebenfalls in die vordere Schnauzenregion zieht auch der vierte Ramus des N. infraorbitalis. Neben Haut- und Mundbezirken versorgt er die mittleren P. lab. maxx.

Der fünfte, sehr kräftige Ramus zieht auf dem M. orbicularis oris in den Bereich der Mundwinkel und entsendet Äste zu den dortigen Sinushaaren, die gleichfalls der Gruppe der P. lab. maxx. angehören.

Mikroskopische Anatomie

Für das Studium des Feinbaus der Haare fertigte ich Schnittserien von 7 bis 10 μ Dicke an, färbte sie mit saurem Hämalaun nach P. Mayer und Eosin oder benützte die Pyridinmethode zur Stückimprägnierung nach Bielschowsky (Romeis 1948).

Die Haarbälge sind länglich oval, messen bei den größeren Sinushaaren etwa 2 mm in der Länge und zwischen 0,5 bis 1 mm im Durchmesser. Sie liegen unmittelbar unter der Cutis, deren Gewebeanteile sich in die Abschnitte eines Haarbalges fortsetzen. Die Epidermis bildet die äußere und innere Wurzelscheide, das Corium die äußere und innere Haarbalglamelle (Abb. 4).

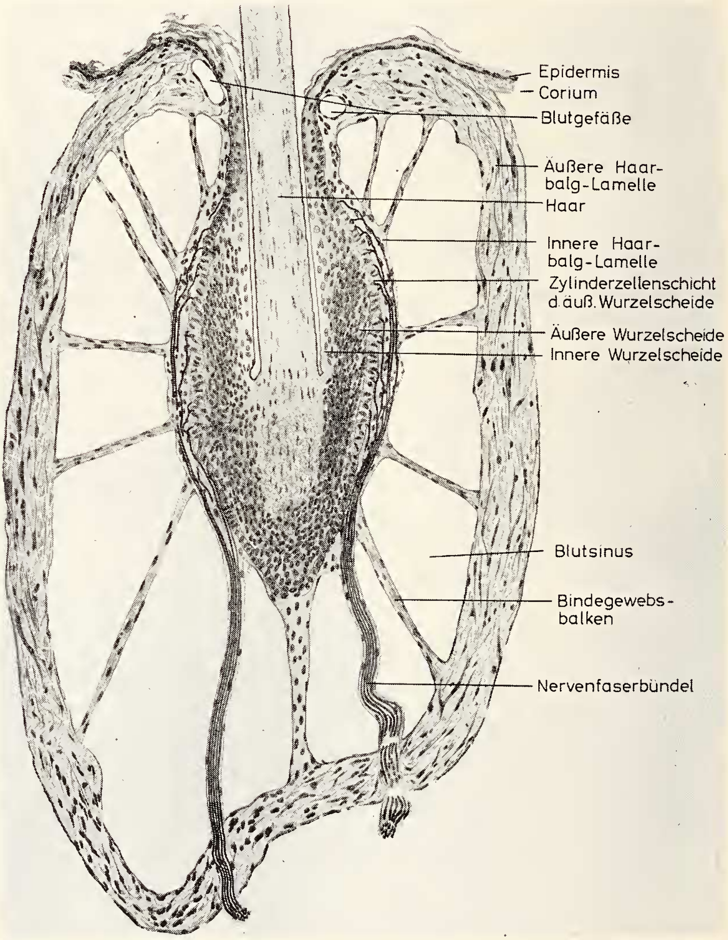


Abb. 4. Längsschnitt durch ein Sinushaar

Ein Haarbalg baut sich in folgender Weise auf. Die äußere Haarbalglamelle ist kräftig und schwankt in der Stärke nur wenig. Sie besteht aus spindelförmigen und langgestreckten Fasern, die längs und zirkulär verlaufen und ein dichtes Netzwerk bilden. Sie verleihen der Lamelle sehr große Festigkeit, so daß sich der ganze Balg mühelos herauspräparieren läßt. Die Zellkerne sind zahlreich, haben ovale Form und

liegen zu mehreren in Reihe. Blutgefäße sind nur im oberen Abschnitt zu finden. Sie sind groß, und zweifellos handelt es sich um die zu- und abführenden Gefäße des Blutsinus. Im oberen Teil des Balges verschmälert sich die Lamelle, wendet sich nach innen und setzt sich in die innere Haarbalglamelle fort. Diese ist nicht bindegewebiger Natur. Ihre Zellen haben vielfach Fortsätze und enthalten rundliche Kerne. An der Basis des Haarwurzelsackes geht sie in einen Gewebestrang über, der sich an die äußere Lamelle anheftet. Durch seinen lockeren Bau unterscheidet er sich von anderen Gewebebalken, die Faserstruktur aufweisen und sich zwischen äußerer und innerer Haarbalglamelle erstrecken. Durch sie ist das Haar zwar in seiner Lage fixiert, aber elastisch im Haarbalg aufgehängt. Zwischen den beiden Haarbalglamellen befindet sich der große Blutsinus, der den Haarwurzelsack allseits umgibt und lediglich von den Gewebebalken und den Nervenfasern durchzogen ist.

Wie das Corium stülpt sich auch die Epidermis nach innen ein und bildet den aus zahlreichen Zellen bestehenden Haarwurzelsack. Im schmalen Halsabschnitt endet die Verhornung, und im weiteren Verlauf gliedert sich der epidermale Gewebeanteil in die äußere und innere Wurzelscheide, von denen das Haar durch einen feinen Spalt abgesetzt ist. Gegen die innere Haarbalglamelle ist die Wurzelscheide durch eine Schicht von zylinderförmig gestalteten und locker angeordneten Zellen abgegrenzt. An ihnen enden die Nervenfasern.



Abb. 5. Ausschnitt aus der Zylinderzellenschicht mit Nervenendigungen

Alle Sinushaare sind reich innerviert. Die Nerven ziehen als einheitliche Stränge bis in die Nähe eines Balges, gabeln sich in vier oder mehr Äste, die durch die äußere Lamelle hindurchtreten. Im Blutsinus spalten sie sich weiter auf und ordnen sich ringförmig um den Haarwurzelsack an. In der Nähe seiner Basis treten sie in die innere Haarbalglamelle ein, verlaufen in ihr spitzenwärts und enden in verschiedener Höhe. Abgesehen von der Halsregion und einem kleinen Bezirk an der Basis ist der gesamte Haarwurzelsack gleichmäßig dicht innerviert. Jede Nervenfaser spaltet sich in einige Ästchen auf, die mehrere bäumchenartig verzweigte Nervenendigungen besitzen (Abb. 5). Diese sind äußerst dicht gelagert, so daß sehr vielen Zylinderzellen solche Endigungen anlagern.

Diskussion

Mit dem Nachweis, daß die Hufeisennasen eine Echoorientierung besitzen und die Ultraschallaute durch die Nasenöffnungen aussenden (Möhres 1953), erschienen die bizarren Nasenaufsätze selbstverständlich in einem völlig neuen Licht. Da dem Hufeisen eine wichtige funktionelle Bedeutung zugesprochen werden kann, liegt es nahe, auch den übrigen Abschnitten des Nasenaufsatzes, insbesondere der Lanzette, eine bedeutendere Rolle zuzuerkennen, als das bislang der Fall war. Nachdem gerade in diesem Teil die Sinushaare besonders regelmäßig angeordnet sind, drängt sich der Gedanke auf, daß ihre Funktion im Zusammenspiel mit diesen Sinnesorganen zu suchen ist. Wie sehr diese Annahme berechtigt ist, zeigt ein Vergleich mit den Verhältnissen bei *Asellia tridens* Geoffr., einer Art, die gleichfalls einen Nasenaufsatz besitzt und die Orientierungslaute durch die Nase aussendet (Möhres u. Kulzer 1955). Bei *Asellia* sind die Sinushaare ebenfalls verbreitet (Abb. 6). Eine Sinushaarreihe umstellt den basalen Anteil des Aufsatzes, vier große Haare stehen auf dem Aufsatz selbst, je ein Paar auf einem Höcker links und rechts dahinter. Der Nasenaufsatz von

Asellia ist zwar ganz anders gestaltet als bei der Hufeisennase, doch tritt eine Gemeinsamkeit gewichtig in Erscheinung. Wie dort ist auch bei *Asellia* der aufrechte Teil vor dem Übergang in die drei terminalen Zacken muldenförmig ausgebuchtet und durch Quer-

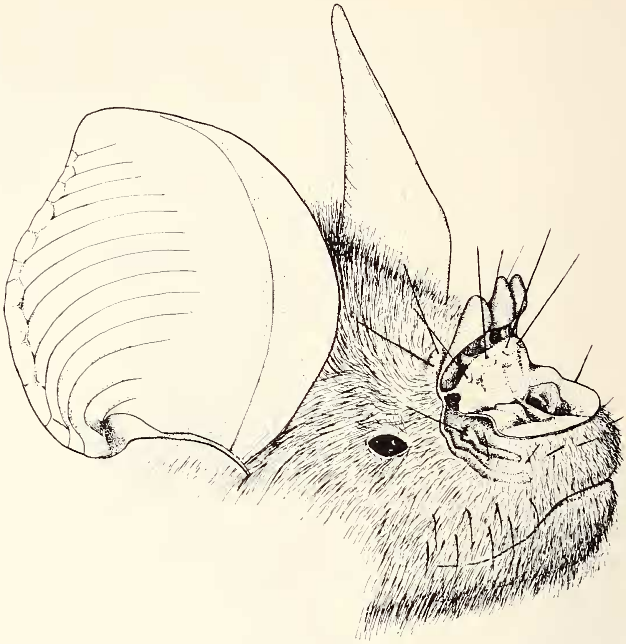


Abb. 6. Kopfregion einer *Asellia tridens*

wände unterteilt, so daß vier Zellen entstehen, die in Reihe liegen und ebenfalls nach vorne offen sind. Wie bei der Hufeisennase steht vor jeder dieser Zellen ein großes Sinushaar, und auch das seitlich vom Aufsatz angeordnete Haar befindet sich in einem zellenartig gestalteten Bereich. Die strenge Korrelation zwischen den Sinushaaren und diesen häutigen Hohlgebilden läßt vermuten, daß ein funktioneller Zusammenhang besteht, der vor allem beim Flug der Tiere bedeutsam sein könnte. Zweifellos entsteht während des Fluges in den Zellen ein Luftstau, der auf die Sinushaare wirken kann. Drehen oder Heben des Kopfes verändert die Stauwirkung, so daß sich differenzierte Wirkungen auf die einzelnen Sinushaare ergeben können. Möhres (1953) vermutet in der Lanzette der Hufeisennase eine Einrichtung, die der Wahrnehmung von Luftströmungen dienen kann. Da auf der Lanzette nur Sinushaare vorkommen und die Nervenversorgung der Haut gering ist, können nur sie diese Leistung vollbringen. Die allseits einheitliche Innervation der Sinushaare läßt auf eine gleichmäßige Empfindlichkeit schließen. Im Zusammenhang mit den Zellen der Lanzette macht sie sicherlich einer gewissen Richtcharakteristik Platz, und im Verein mit der regelmäßigen Anordnung der Sinushaare auf dem Nasenaufsatz verfügen die Tiere über ein Sinnesorgansystem, das sicherlich spezifische Leistungen vollbringen kann. Damit kommt den Nasenaufsätzen in ihrer Gesamtheit eine funktionelle Rolle zu. Es erscheint dabei von untergeordneter Bedeutung, daß nicht alle Sinushaare auf dem Aufsatz stehen. Auch in jenen Fällen, bei denen keinerlei Sinushaare auf den Aufsätzen selbst, sondern nur in der Nähe angeordnet sind, ist ein Zusammenwirken denkbar, da die Aufsätze trotzdem Luftströme in entsprechender Weise lenken können.

Ausgehend von diesen Überlegungen käme einem Teil der Sinushaare bei den Fledermäusen die spezielle Aufgabe von Strömungssinnesorganen zu. Die Mehrzahl der Haare arbeitet sicherlich als reine Tastorgane, die besonders auf Berührungsreize ansprechen, sei es um Verletzungen zu verhindern oder um eine Beute aus nächster Nähe zu erfassen. Der das Hufeisen umstellende Kranz von Sinushaaren und die über den Augen stehenden haben wahrscheinlich in erster Linie Schutzfunktion, während die Haare auf der Oberlippe beim Beuteerwerb nützlich sein können. Auch bei leichter Berührung eines solchen Haares schnappen die Tiere gezielt in Richtung der Reizquelle.

Auf Grund der reichen Nervenversorgung sind die Sinushaare vermutlich präzise arbeitende Sinnesorgane. Über ihre Leistungen können nur ausgedehnte Untersuchungen Aufschluß geben.

Zusammenfassung

Bei der Großen Hufeisennase kommen besonders gut entwickelte Sinushaare auf dem Nasenaufsatz und in seiner nächsten Nähe vor. Zum Teil stehen sie in Verbindung mit zellenartigen Hohlräumen des Nasenaufsatzes, woraus eine besondere funktionelle Bedeutung dieser Haare abgeleitet wird. Neben diesen Haaren finden sich weitere auf der Ober- und Unterlippe und über den Augen. Ihr Feinbau und die Nervenversorgung sind Gegenstand dieser Arbeit.

Summary

The nose leaf and its close environment of the greater horseshoe bat are occupied by well developed sinus hairs. They are in part connected with cell-like cavities of the nose leaf suggesting a special function. Besides these hairs there are other ones on the upper and lower lip and above the eyes. In this paper the histological structure and the innervation of the sinus hairs are described.

Literatur

EGGERMANN, M. (1919): Über die Entwicklung der Sinushaare des Schweines; Diss. Zürich. — GEGENBAUR, C. (1851): Untersuchungen über die Tasthaare einiger Säugetiere; Z. wiss. Zool. 3, 13–26. — HENNEBERG, B. (1915): Die Verbreitung der Sinushaare bei den Säugern und die Sinushaarreste beim Menschen; Anat. Hefte **52**, 145–180. — MAURER, F. (1895): Die Epidermis und ihre Abkömmlinge; Leipzig. — MÖHRES, F. P. (1953): Über die Ultraschallorientierung der Hufeisennasen (Chiroptera-Rhinolophinae); Z. vgl. Phys. **34**, 547–588. — MÖHRES, F. P. u. KULZER, E. (1955): Ein neuer, kombinierter Typ der Ultraschallorientierung bei Fledermäusen; Naturwiss. **42**, 131/132. — MÜLLER, H. (1919): Über das Vorkommen von Sinushaaren bei den Haussäugetieren; Diss. Zürich. — REDTEL, A. (1873): Der Nasenaufsatz des Rhinolophus Hippocrepis; Z. wiss. Zool. **23**, 254–288. — ROMEIS, B. (1948): Mikroskopische Technik; Oldenbourg-München. — SCHNEIDER, H. u. MÖHRES, F. P. (1960): Die Ohrbewegungen der Hufeisenfledermäuse (Chiroptera, Rhinolophidae) und der Mechanismus des Bildhörens; Z. vgl. Phys. **44**, 1–40. — TRETJAKOFF, D. (1911): Die Nervenendigungen an den Sinushaaren des Rindes; Z. wiss. Zool. **97**, 314–416.

Anschrift des Verfassers: Dr. HANS SCHNEIDER, 74 Tübingen, Zoophysiologisches Institut, Hölderlinstraße 12